

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Georg EGLOFF

Serial No.: To be assigned

Filed: June 15, 2001

For: GASKET

Examiner:

Group Art Unit:

Corres. To DE 100 29 352.2

Filed June 15, 2000

McLean, Virginia



**CLAIM FOR BENEFIT OF FILING DATE
OF PRIOR FOREIGN APPLICATION**

Honorable Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, DC 20231

Sir:.

In the matter of the above-identified application, a claim is hereby made under the provisions of 35 U.S.C. §119 for the benefit of the filing date of the corresponding German application No. 100 29 352.2 filed June 15, 2000, which is referred to in the Declaration of the present case.

A certified copy of said German application will be forwarded as soon as it is available.

Respectfully submitted,

Miles & Stockbridge P.C.

Date June 15, 2001By: 

Edward J. Kondracki

Registration No. 20,604

Miles & Stockbridge, P.C.
1751 Pinnacle Drive, Suite 500
McLean, Virginia 22102-3833
Tel.: (703) 903-9000

Empfangsbescheinigung

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(1)
In der An-
schrift Straße,
Haus-Nr. und
ggf. Postfach
angeben

Sendungen des Deutschen Patent- und Markenamts sind zu richten an:

FROHWITTER
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstr. 20
81679 München

Antrag
auf Erteilung
eines Patents

1

Vordruck nicht
für PCT-Ver-
fahren ver-
wenden
s. Rückseite

TELEFAX vorab am

Aktenzeichen (wird vom Deutschen Patent- und Markenamt vergeben)

100 29 352.2

15. Juni 2000

(2) Zeichen des Anmelders/Vertreters (max. 20 Stellen)
R80550DE

Telefon des Anmelders/Vertreters
+49-89-99809-0

(3) Der Empfänger in Feld (1) ist der

Anmelder Zustellungsbevollmächtigte

Vertreter

ggf. Nr. der Allgemeinen Vollmacht

(4) **Anmelder**

Reinz-Dichtungs-GmbH
Reinzstraße 3-7
89233 Neu-Ulm

Vertreter

FROHWITTER
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstr. 20
81679 München

nur
auszufüllen,
wenn ab-
weichend von
Feld (1)

Handelsregi-
sternummer
nur bei Firmen
anzugeben

Der Anmelder ist eingetragen im Handelsregister Nr. ____ beim Amtsgericht

(5) Anmeldercode-Nr.

Vertretercode-Nr.
339687

Zustelladresscode-Nr.

ABT

ERF

(6) **Bezeichnung der Erfindung**

Flachdichtung

IPC-Vorschlag d. Anmelders

s. auch
Rückseite
IPC-Vorschlag
ist unbedingt
anzugeben,
sofern bekannt

(7) **Sonstige Anträge**

Die Anmeldung ist **Zusatz** zur Patentanmeldung (zum Patent)

Prüfungsantrag - Prüfung der Anmeldung mit Ermittlung der öffentlichen Druckschriften (§ 44 Patentgesetz)

Rechercheantrag - Ermittlung der öffentlichen Druckschriften ohne Prüfung (§ 43 Patentgesetz)

Lieferung von Ablichtungen der ermittelten Druckschriften im Prüfungsverfahren Rechercheverfahren

Aussetzung des Erteilungsbeschlusses auf ____ Monate (§ 49 Abs. 2 Patentgesetz)

(Max. 15 Mon. ab Anmelde- oder Prioritätstag)

Aktenzeichen der Hauptanmeldung (des Hauptpatents)

s. Erläute-
rung u.
Kosten-
hinweise
auf der
Rückseite

(8) **Erklärungen**

Teilung/Ausscheidung aus der Patentanmeldung

an **Lizenzvergabe** interessiert (unverbindlich)

mit **vorzeitiger Offenlegung** und damit freier Akteneinsicht einverstanden (§ 31 Abs. 2 Nr. 1 Patentgesetz)

Aktenzeichen der Stammanmeldung

(9) **Inländische Priorität** (Datum, Aktenzeichen der Voranmeldung)

Ausländische Priorität (Datum, Land, Aktenz. der Voranmeldung; vollständige Abschrift(en) der ausländischen Voranmeldung(en) beifügen)

s. auch
Rückseite

(10) **Gebühreuzahlung** in Höhe von 600,00 DM

Abbuchung von meinem/unserem Abbuchungs-
konto b. d. Dresdner Bank AG, München

Scheck

ist beifügt

Überweisung (nach Erhalt

der Empfangsbescheinigung)

Gebührenmarken sind beifügt

(bitte nicht auf die Rückseite kleben,
ggf. auf gesondertes Blatt)

Nr.:

Erläuterung
und Kosten-
hinweise
s. Rückseite

(11) **Anlagen**

Anlagen

1. ____

Vertretervollmacht

3. - 7. ____

Erfinderbenennung

jeweils
3-fach

3. 1 ____

Zusammenfassung
(ggf. mit Zeichnung Fig. ____)

s. auch
Rückseite

4. 14 ____

Seite(n) Beschreibung

5. ____

ggf. Bezugszeichenliste

6. 3 ____

Seite(n) Patentansprüche

21 ____

Anzahl Patentansprüche

7. 9 ____

Blatt Zeichnungen

8. ____

Abschrift(en) d. Voranmeld.

9. ____

Zitierte Nichtpatentliteratur

10. ____

Dr. Bernhard Glomm, Patentanwalt

(12) Unterschrift(en)

Nur von der Annahmestelle auszufüllen:

Diese Patentanmeldung ist an dem durch Perforierung angegebenen Tag beim Deutschen Patent- und Markenamt eingegangen. Sie hat das o.a. Aktenzeichen erhalten.

Dieses Aktenzeichen ist bei allen Eingaben anzugeben. Bei Zahlungen ist das vollständige Aktenzeichen und der Verwendungszweck in Form des Gebühren-
codes (s. Rückseite zu Feld (10)) zu vermerken.

☐ Gebührenmarken im Wert von ____ DM sind entrichtet.

☐ Bei Abbuchung: Doppel an Zahlstelle gesandt.

☐ Die genannten Anlagen sind vollständig eingegangen.

☐ Folgende o.a. Anlagen fehlen:

P 2007

10.99 EB

Bitte beachten Sie die Hinweise
auf der Rückseite
der zurückgehaltenen Antragsdurchschrift

Für den Anmelder
Nicht mit einsenden

AKTENEXEMPLAR

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(1)
In der An-
schrift Straße,
Haus-Nr. und
ggf. Postfach
angeben

Sendungen des Deutschen Patent- und Markenamts sind zu
richten an:

FROHWITTER
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstr. 20
81679 München

Antrag
auf Erteilung
eines Patents

1

Vordruck nicht
für PCT-Ver-
fahren ver-
wenden
s. Rückseite

TELEFAX vorab am

Aktenzeichen (wird vom Deutschen Patent- und Markenamt vergeben)

(4)
nur
auszufüllen,
wenn ab-
weichend von
Feld (1)

Zeichen des Anmelders/Vertreters (max. 20 Stellen)
R80550DE

Telefon des Anmelders/Vertreters
+49-89-99809-0

Datum
15. Juni 2000

Der Empfänger in Feld (1) ist der

ggf. Nr. der Allgemeinen Vollmacht

Anmelder Zustellungsbevollmächtigte

Vertreter

Anmelder
Reinz-Dichtungs-GmbH
Reinzstraße 3-7
89233 Neu-Ulm

Vertreter
FROHWITTER
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstr. 20
81679 München

Handelsregi-
sternummer
nur bei Firmen
anzugeben

Der Anmelder ist eingetragen im Handelsregister Nr. ____ beim Amtsgericht

Anmeldercode-Nr.

Vertretercode-Nr.
339687

Zustelladresscode-Nr.

ABT

ERF

s. auch
Rückseite
IPC-Vorschlag
ist unbedingt
anzugeben,
sofern bekannt

Bezeichnung der Erfindung

Flachdichtung

IPC-Vorschlag d. Anmelders

s. Erläute-
rung u.
Kosten-
hinweise
auf der
Rückseite

Sonstige Anträge

Die Anmeldung ist **Zusatz** zur Patentanmeldung (zum Patent)

Prüfungsantrag - Prüfung der Anmeldung mit Ermittlung der öffentlichen Druckschriften (§ 44 Patentgesetz)

Rechercheantrag - Ermittlung der öffentlichen Druckschriften ohne Prüfung (§ 43 Patentgesetz)

Lieferung von Ablichtungen der ermittelten Druckschriften im Prüfungsverfahren Rechercheverfahren

Aussetzung des Erteilungsbeschlusses auf ____ Monate (§ 49 Abs. 2 Patentgesetz)

(Max. 15 Mon. ab Anmelde- oder Prioritätstag)

Aktenzeichen der Hauptanmeldung (des Hauptpatents)

s. auch
Rückseite
Erläuterung
und Kosten-
hinweise
s. Rückseite

Gebühreuzahlung in Höhe von **600,00 DM**

Abbuchung von meinem/unserem Abbuchungs-
konto b. d. Dresdner Bank AG, München
Nr.:

Scheck

Überweisung (nach Erhalt
der Empfangsbescheinigung)

Gebührenmarken sind beigelegt
(bitte nicht auf die Rückseite kleben,
ggf. auf gesondertes Blatt)

ist beigelegt

Anlagen

1. ____ Vertretervollmacht
2. ____ Erfinderbenennung
3. 1 Zusammenfassung
(ggf. mit Zeichnung Fig. ____)
4. 14 Seite(n) Beschreibung
5. ____ ggf. Bezugszeichenliste

6. 3 Seite(n) Patentansprüche
7. 21 Anzahl Patentansprüche
8. 9 Blatt Zeichnungen
9. ____ Abschrift(en) d. Voranmeld.
10. ____ Zitierte Nichtpatentliteratur

Dr. Bernhard Glomm, Patentanwalt

(12) Unterschrift(en)

Nur von der Annahmestelle auszufüllen:

Diese Patentanmeldung ist am dem durch Perforierung angegebenen Tag beim Deutschen Patent- und Markenamt eingegangen. Sie hat das o.a. Aktenzeichen erhalten.

Dieses Aktenzeichen ist bei allen Eingaben anzugeben. Bei Zahlungen ist das vollständige Aktenzeichen und der Verwendungszweck in Form des Gebühren-

codes (s. Rückseite zu Feld (10)) zu vermerken.

☐ Gebührenmarken im Wert von ____ DM sind entrichtet.

☐ Bei Abbuchung: Doppel an Zahlstelle gesandt.

☐ Die genannten Anlagen sind vollständig eingegangen.

☐ Folgende o.a. Anlagen fehlen:

Bitte beachten Sie die Hinweise
auf der Rückseite
der zurückgehaltenen Antragsdurchschrift

Flachdichtung

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Flachdichtung mit mindestens einer wenigstens einen Durchbruch aufweisenden Metallage und mindestens einem um den Durchbruch herum angeordneten und mit der Metallage verschweißten Metallring sowie ein Verfahren zur
10 Herstellung der Flachdichtung.

Flachdichtungen werden heutzutage auf vielen technischen Gebieten eingesetzt. Eines dieser Gebiete bilden Brennkraftmaschinen, wo die Flachdichtungen als Zylinderkopfdichtungen Verwendung finden. Die Flachdichtungen sind hierbei
15 zwischen dem Zylinderkopf und dem Zylinderblock der Brennkraftmaschine angeordnet. Den Durchbrüchen sind Brennkammern, Kühl- und Schmiermitteldurchführungen sowie Durchgänge für Befestigungsmittel zugeordnet, die den Zylinderkopf, die Flachdichtung und den Zylinderblock zusammenhalten. Das Dichtvermögen der Flachdichtung wird insbesondere durch den Metallring bewirkt.
20 Dieser wirkt beim Anziehen der Befestigungsmittel wie auch beim Betrieb der Brennkraftmaschine einer von außen auf die Flachdichtung einwirkenden Kraftbeaufschlagung entgegen. Ein weiteres technisches Gebiet, auf dem Flachdichtungen der hier angesprochenen Art zum Einsatz kommen, bilden beispielsweise Abgasanlagen von Kraftfahrzeugen, wo die Flachdichtungen vornehmlich
25 als Auspuffdichtungen dienen.

Der Metallring kann mittels verschiedener Verfahren an der Metallage befestigt werden. Eines dieser Verfahren ist das in der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 48 236 A1 beschriebene Verschweißen des Metallrings und der Metallage miteinander. Der
30 Metallring wird bei diesem Verfahren mit der Metallage in Berührkontakt gebracht und an diese mittels Schweißelektroden angepreßt. Durch die Schweißelektroden wird ein Schweißstrom in den Metallring und die Metallage eingeleitet. Der Schweißstrom erwärmt den Metallring und die Metallage an bestimmten Stellen. An diesen Stellen

verbindet sich das Material des Metallrings und der Metallage, wodurch eine Schweißverbindung zwischen beiden zustandekommt.

Es hat sich herausgestellt, daß sich bei Flachdichtungen, die nach dem eben beschriebenen Verfahren hergestellt wurden, der Metallring von der Metallage lösen
5 kann, die Schweißverbindung mithin nicht beständig ist. Dies beeinflusst das Dichtvermögen der Flachdichtung nachteilig.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Flachdichtung bereitzustellen, deren
10 Schweißverbindungen über lange Zeit beständig sind. Des weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung derartiger Flachdichtungen zu entwickeln.

Die Aufgabe wird durch eine Flachdichtung der hier angesprochenen Art gelöst, die sich dadurch auszeichnet, daß die Metallage und der Metallring über eine Schweißsicke
15 miteinander verschweißt sind, die die Metallage und den Metallring in einem Abstand voneinander hält. Wenn der Metallring vor dem Verschweißen mit der Metallage in Berührung gebracht wird; so erfolgt wegen der Schweißsicke – die im Zuge dieser Lehre vor und nach dem Verschweißen als solche bezeichnet wird – kein flächiges Aufliegen des Metallrings auf der Metallage. Der Berührungskontakt findet vielmehr nur
20 zwischen dem Scheitel der Schweißsicke und einem ringförmigen Bereich auf dem Metallring statt. Werden der Metallring und die Metallage nun mittels der Schweißelektroden aneinandergedreht, so ist der Bereich zwischen dem Metallring und der Metallage, über den der Schweißstrom fließt, sehr viel kleiner als bei flächiger Auflage. Entsprechend wird nur ein sehr kleiner Bereich des Metallrings und der
25 Metallage erwärmt, so daß die Schweißverbindung besser lokal begrenzt und daher belastbarer wird. Die Schweißverbindung der Flachdichtung wird so zeitlich beständiger und das Dichtvermögen der Flachdichtung steigt.

Der Abstand zwischen dem Metallring und der Metallage wird in Abhängigkeit von der
30 Steifigkeit der Materialien, aus denen der Zylinderkopf und der Zylinderblock und insbesondere deren abdichtende Begrenzungsflächen bestehen, in Abhängigkeit von der Form der Begrenzungsflächen sowie in Abhängigkeit von anderen Parametern

gewählt. Bei Materialien großer Steifigkeit bietet sich eine vorteilhafte Weiterbildung der Flachdichtung an, bei der der Abstand zwischen dem Metallring und der Metallage in Umfangsrichtung des Metallringes konstant ist. Der Abstand wird reziprok zur Steifigkeit der Materialien – kleiner Abstand bei großer Steifigkeit und großer Abstand bei kleiner Steifigkeit – gewählt und liegt üblicherweise zwischen 5 und 150 Mikrometern (bevorzugt zwischen 10 und 40 Mikrometern).

Bei geringerer Steifigkeit der Materialien der abzudichtenden Begrenzungsflächen, beispielsweise bei Leichtbaumotoren, bietet sich als vorteilhafte Weiterbildung der Flachdichtung an, den Abstand zwischen dem Metallring und der Metallage in Umfangsrichtung des Metallringes variabel vorzusehen. Die Flachdichtung weist in diesem Fall vorzugsweise eine Topographie auf, die den zu erwartenden Verzügen, beispielsweise bei Leichtbauzylinderköpfen, Rechnung trägt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Flachdichtung ist vorgesehen, daß die Schweißsicke entlang ihrer Höhererstreckungsrichtung plastisch, plastisch/elastisch oder elastisch komprimierbar ist. Bei starker äußerer Kraftbeaufschlagung der Flachdichtung verringert sich der Abstand zwischen der Metallage und dem Metallring. Insbesondere bei elastisch ausgebildeter Schweißsicke wirkt deren Elastizität gegen die Kraftbeaufschlagung. Die Schweißsicke sucht also den Metallring von der Metallage wegzudrücken, was das Dichtvermögen der Flachdichtung steigert. Aber auch bei rein plastischer Verformung der Schweißsicke ergibt sich aufgrund der Anpassung an die Topographie der Begrenzungsflächen ein günstiger Einfluß auf das Dichtvermögen.

Die Metallage ist aus Aluminium oder Stahlblech, vorzugsweise Edelstahl, Federstahl oder Kohlenstoffstahl, der Metallring aus Kupfer, Bronze, oder ebenfalls Aluminium, Stahlblech, vorzugsweise Edelstahl, Federstahl oder Kohlenstoffstahl, gefertigt. Diese Materialien weisen eine gewisse Eigenelastizität auf. Das Streben der Metallage und des Metallrings, im Bereich der Schweißsicke einer äußeren Kraftbeaufschlagung entgegenzuwirken, wird verstärkt, was sich ebenfalls förderlich auf das Dichtvermögen der Flachdichtung auswirkt.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Flachdichtung ist die Schweißsicke kontinuierlich um den Durchbruch herumlaufend ausgebildet. Die derart ausgebildete Schweißsicke entfaltet ihr Dichtvermögen insbesondere bei Verbrennungsgasen. Diese Weiterbildung der Flachdichtung bietet sich daher insbesondere für Durchbrüche von
5 Brennkraftmaschinen an, die den Brennkammern der Brennkraftmaschine zugeordnet sind, da das in der Brennkammer befindliche Verbrennungsgas unter hohem Druck steht und jeder Druckverlust einen Leistungsverlust der Brennkraftmaschine nach sich zieht.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Flachdichtung weist die Metallage
10 mindestens eine Dichtsicke auf. Die Dichtsicke, die hinsichtlich ihres Querschnitts ähnlich der Schweißsicke ausgebildet sein kann und eine Höhe von üblicherweise zwischen 100 und 300 Mikrometern (bevorzugt zwischen 180 und 200 Mikrometern) aufweist, wirkt aufgrund ihrer Eigenelastizität ebenfalls einer äußeren Kraftbeaufschlagung entgegen. Sie stellt daher ein weiteres Mittel zur Erhöhung des
15 Dichtvermögens der Flachdichtung dar.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Dichtsicke und den Metallring in der Metallage anzuordnen. Eine dieser Möglichkeiten ist die Anordnung der Dichtsicke um den Metallring herum, eine weitere besteht in der Anordnung des Metallrings um die
20 Dichtsicke herum. Beide Möglichkeiten bieten sich für Durchbrüche an, die einer Brennkammer zugeordnet sind.

Bei einer anderen Weiterbildung der Flachdichtung ist die Schweißsicke innerhalb der Dichtsicke angeordnet. Bei dieser Weiterbildung beanspruchen die Dichtsicke und die
25 Schweißsicke nicht jeweils eigenen Raum auf der Metallage, weshalb diese Weiterbildung insbesondere bei kleinen Flachdichtungen von Vorteil ist.

Bei einer anderen Weiterbildung der Flachdichtung ist um die Dichtsicke herum ein weiterer Metallring angeordnet. Die Dichtsicke ist dabei von zwei Seiten von jeweils
30 einem Metallring umgeben. Da jeder Metallring über eine Schweißsicke mit der Metallage verschweißt ist, stehen mit der Dichtsicke und den beiden Schweißsicken drei Mittel zur Erhöhung des Dichtvermögens der Flachdichtung zur Verfügung.

Bei Ausführungsbeispielen der Flachdichtung, die mehr als eine Metallage aufweisen, bieten sich verschiedene vorteilhafte Weiterbildungen an. So können zwei aneinanderliegende Metallagen derart angeordnet sein, daß jeweils darin vorhandene Dichtsicken einander gegenüberliegen oder gegeneinander versetzt sind. Des weiteren können die Dichtsicken in gleiche oder verschiedene Richtungen weisen. Die Dichtsicke kann bei mehrlagigen Konstruktionen auch in einer Metallage der Flachdichtung angeordnet sein, die keine Schweißverbindung mit dem Metallring aufweist.

In einer anderen bevorzugten Weiterbildung weist mindestens eine der beiden an dem Metallring anliegenden Metallagen eine Vertiefung oder Kröpfung zur Symmetrierung des Metallrings auf. Wird diese Weiterbildung der Flachdichtung von außen kraftbeaufschlagt, so tritt der Metallring in die Vertiefung oder Kröpfung der Metallage ein. Hierdurch wird eine Symmetrierung des Metallringes bewirkt.

Die Aufgabe wird des weiteren durch ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Flachdichtung gelöst, daß durch das Einbringen der Schweißsicke in die Metallage und/oder den Metallring und das Herstellen der Schweißverbindung zwischen der Metallage und dem Metallring durch Buckelschweißen gekennzeichnet ist. Die Schweißsicke wird üblicherweise durch Einprägen in die Metallage eingebracht. Beim Buckelschweißen werden zunächst die Metallage und der Metallring im Bereich der Schweißsicke in Berührkontakt gebracht. Der Berührkontakt findet hierbei nur zwischen dem Scheitel der Schweißsicke und einem Teil des Metallringes statt. Anschließend werden die Metallagen und der Metallring derart mit jeweils einer Schweißelektrode verbunden, daß zum einen ein Schweißstrom von der einen Schweißelektrode über die Metallage, die Schweißsicke und den Metallring zu der anderen Schweißelektrode fließen kann, zum anderen die Metallage und der Metallring mittels der Schweißelektroden gegeneinander gepreßt werden können. Sodann wird bei niedriger Spannung ein elektrischer Schweißstrom hoher Stromstärke von der einen Schweißelektrode über die Metallage, die Schweißsicke und den Metallring zu der anderen Schweißelektrode geleitet, während gleichzeitig die beiden Schweißelektroden den Metallring und die Metallage aneinanderpressen. Durch den elektrischen Widerstand des Metalls im Bereich der Schweißsicke erwärmen sich die Schweißsicke und der

Metallring bis auf die Schweißtemperatur. Die Metalle des Metallrings und der Metallage verbinden sich, wodurch die Schweißverbindung entsteht.

5 Vor dem Verschweißen kann die Schweißsicke Querschnitte verschiedener Formen aufweisen. Als besonders vorteilhaft haben sich aufgrund ihrer einfachen Form und Herstellbarkeit U-förmige, V-förmige, Ω -förmige und trapezförmige Querschnitte erwiesen.

10 Besonders zeitsparend – da in einem Arbeitsgang ausführbar – ist eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der beim Einbringen der Schweißsicke in die Metallage auch mindestens eine Dichtsicke in die Metallage eingebracht wird. Das Einbringen der Schweißsicken und der Dichtsicken in die Metallage kann dabei gleichzeitig oder nacheinander erfolgen.

15 Zudem ist bei einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens vorgesehen, daß der für die Herstellung der Buckelschweißverbindung nötige Schweißstrom durch das Entladen eines Kondensators bereitgestellt wird. Diese Vorgehensweise stellt die einfachste Möglichkeit dar, innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne einen Stromstoß hoher Stromstärke zu erzeugen.

20

Schließlich kann beim Herstellen der Schweißverbindung die Verflachung der Schweißsicke und damit der Abstand zwischen der Metallage und dem Metallring dadurch von außen beeinflußt werden, daß mindestens ein Verformungsbegrenzer innerhalb der Schweißsicke oder mindestens ein Anschlagement außerhalb der
25 Schweißsicke angeordnet ist. Der durch die Schweißelektroden während des Schweißens auf die Metallage und den Metallring ausgeübte Druck bedingt eine Verflachung der Schweißsicke. Die Verflachung wird durch den erfindungsgemäßen Einsatz des Verformungsbegrenzers und/oder des Anschlagements begrenzt. Die Höhe des Verformungsbegrenzers und/oder des Anschlagements bestimmt dabei wesentlich den
30 Abstand zwischen der Metallage und dem Metallring nach dem Herstellen der Schweißverbindung.

Andere Ausführungsbeispiele und Weiterbildungen der Flachdichtung und Ausführungsvarianten des Verfahrens zu deren Herstellung sowie jeweils deren Vorteile ergeben sich aus der nachstehenden Figurenbeschreibung. Es zeigen:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer als Zylinderkopfdichtung ausgebildeten Flachdichtung in schematischer Draufsicht,
- Figuren 2, 3 und 4 jeweils ein Ausführungsbeispiel einer einlagigen Flachdichtung in schematischer Seitenansicht,
- Figuren 5 und 6 jeweils ein weiteres Ausführungsbeispiel der einlagigen Flachdichtung in schematischer Seitenansicht,
- Figuren 7 und 8 jeweils ein Ausführungsbeispiel einer zweilagigen Flachdichtung in schematischer Seitenansicht,
- Figur 9 ein Ausführungsbeispiel einer dreilagigen Flachdichtung in schematischer Seitenansicht,
- Figuren 10 und 11 jeweils ein weiteres Ausführungsbeispiel der dreilagigen Flachdichtung in schematischer Seitenansicht,
- Figur 12 ein Diagramm, das elastische Eigenschaften der Flachdichtung verdeutlicht und
- Figuren 13 und 14 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

5

- Die Figur 1 zeigt eine metallische Flachdichtung 1, die als Zylinderkopfdichtung 2 ausgebildet ist. Die Flachdichtung 1 ist zwischen einem (nicht dargestellten) Zylinderkopf und einem (ebenfalls nicht dargestellten) Zylinderblock einer Brennkraftmaschine angeordnet. Die Flachdichtung 1 umfaßt mehrere aneinanderliegend
- 10 angeordnete Metallagen 3, von denen in der Figur 1 nur die zuoberst angeordnete sichtbar ist. Die Metallagen 3 weisen jeweils eine Mehrzahl von Durchbrüchen 4 auf und sind derart angeordnet, daß die Durchbrüche 4 kongruent zueinander liegen.

Die Durchbrüche 4 treten als Durchbrüche 4a, 4b und 4c auf, wobei die Durchbrüche 4a den Brennkammern der Brennkraftmaschine, die Durchbrüche 4b den Kühl- und Schmiermitteldurchführungen der Brennkraftmaschine und die Durchbrüche 4c den Befestigungsmitteldurchgängen der Brennkraftmaschine zugeordnet sind.

5

Um die Durchbrüche 4a herum ist jeweils ein Metallring 5 angeordnet. Der Metallring 5 weist einen inneren Umfang 5a und einen äußeren Umfang 5b auf.

10 Sowohl die Metallage 3 als auch der Metallring 5 sind aus Stahlblech gefertigt. Andere Materialien wie Aluminium und für den Metallring 5 insbesondere Kupfer oder Bronze sind ebenfalls möglich.

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1 ist jeweils einem Durchbruch 4a ein Metallring 5 zugeordnet, wobei der Durchbruch 4a und der Metallring 5 jeweils kreisförmig ausgebildet sind. Es ist alternativ hierzu auch möglich, einen Metallring 5 jeweils um eine Mehrzahl von Durchbrüchen 4 herum anzuordnen sowie andere Formen für den Durchbruch 4 und den Metallring 5 vorzusehen.

20 Um die Durchbrüche 4 und die Metallringe 5 herum ist des weiteren jeweils eine Dichtsicke 6 angeordnet. Die Dichtsicke 6 erstreckt sich in Figur 1 wie der Metallring 5 aus der Zeichenebene heraus. Die Dichtsicke 6 weist eine Höhe von etwa 180 Mikrometern auf.

Die Figuren 2 bis 11 zeigen jeweils einen Ausschnitt der Flachdichtung 1 in schematischer Seitenansicht. Gezeigt ist hierbei jeweils nur die unmittelbare Umgebung des einer Brennkammer zugeordneten Durchbruchs 4a. Der Durchbruch 4a selbst befindet sich in den Figuren 2 bis 11 jeweils rechts vom Rand der Metallage 3, der Zylinderkopf jeweils oberhalb und der Zylinderblock jeweils unterhalb des dargestellten Ausführungsbeispiels der Flachdichtung 1.

30

Aus der Figur 2 ist zu entnehmen, daß der Metallring 5 nicht flächig an der Metallage 3 anliegt, sondern über eine Schweißsicke 7 in einem Abstand a von der Metallage 3

gehalten ist. Der Abstand a beträgt etwa 40 Mikrometer. Er ist, solange die Flachdichtung 1 nicht von außen kraftbeaufschlagt wird, um den gesamten Durchbruch 4a herum konstant, weshalb der Metallring 5 und die Metallage 3 parallel zueinander angeordnet sind und der innere Umfang 5a und der äußere Umfang 5b des Metallrings 5
 5 jeweils den gleichen Abstand a von der Metallage 3 aufweisen.

Die Schweißsicke 7 ist entlang ihrer Höhererstreckungsrichtung h elastisch komprimierbar. Als Folge einer äußeren Kraftbeaufschlagung verringert sich dadurch der Abstand a zwischen der Metallage 3 und dem Metallring 5. Bei Nachlassen der
 10 äußeren Kraftbeaufschlagung vergrößert sich der Abstand a von sich aus wieder.

Je nach Ausbildung der Flächen des Zylinderkopfes und des Zylinderblocks, zwischen denen die Metallage 3 und der Metallring 5 der Flachdichtung 1 angeordnet sind, sowie auch in Abhängigkeit von der Steifigkeit der Materialien, aus denen der Zylinderkopf
 15 und der Zylinderblock gefertigt sind, sind auch in Umfangsrichtung variable Werte für den Abstand a möglich.

Die Figuren 3 und 4 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1, das mit einer Dichtsicke 6 versehen ist. Die Dichtsicke 6 weist einen Querschnitt auf, der in etwa
 20 einem höhengestauchten kopfstehenden U ähnelt. Die Dichtsicke 6 ist in beiden Ausführungsbeispielen an den äußeren Umfang 5b des Metallrings 5 anschließend angeordnet. Die Dichtsicke 6 weist eine Höhe von etwa 180 Mikrometern auf.

Die Ausführungsbeispiele der Flachdichtung 1, die in den Figuren 3 und 4 dargestellt
 25 sind, machen einen Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich. Die Schweißsicke 7 kann nämlich sowohl in die Metallage 3 (Figur 3) als auch in den Metallring 5 (Figur 4) eingebracht sein. Ob die Schweißsicke 7 in die Metallage 3 oder den Metallring 5 eingebracht wird, hängt davon ab, welcher der beiden Bestandteile der Flachdichtung 1 eine größere Steifigkeit aufweist. Die Schweißsicke 7 wird
 30 üblicherweise in das steifere der beiden Bestandteile eingebracht.

Alternativ zu den Ausführungsbeispielen der Figuren 3 und 4 ist es jedoch auch möglich, sowohl in der Metallage 3 als auch in dem Metallring 5 jeweils eine Schweißsicke 7 vorzusehen.

- 5 Die Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1. Dieses Ausführungsbeispiel weist einen zweiten Metallring 5' auf. Der zweite Metallring 5' ist über eine zweite Schweißsicke 7' mit der Metallage 3 verschweißt. Er schließt mit seinem inneren Umfang 5a' an die Dichtsicke 6 an. Der Metallring 5 und die Schweißsicke 7 einerseits und der Metallring 5' und die Schweißsicke 7' andererseits
10 sind bezüglich einer durch den Scheitel 6a der Dichtsicke 6 laufenden und rechtwinklig auf der Erstreckungsebene der Metallage 3 verlaufenden Ebene symmetrisch angeordnet.

- Bei dem in Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1 ist die Schweißsicke 7 in dem Scheitel 6a der Dichtsicke 6 angeordnet. Die Dichtsicke 6 und
15 die Schweißsicke 7 erstrecken sich hierbei in entgegengesetzte Richtungen (die Dichtsicke 6 nach oben, die Schweißsicke 7 nach unten). Der Metallring 5 ist über die Schweißsicke 7 mit der Metallage 3 verschweißt und erstreckt sich im wesentlichen parallel zur Erstreckungsebene der Metallage 3. Er ist somit innerhalb der Dichtsicke 6 befindlich.

20

In der Figur 6 ist besonders gut zu erkennen, daß die Schweißsicke 7 eine geringere Höhe aufweist als die Dichtsicke 6. Dies gilt für die meisten in praxi auftretenden Ausführungsbeispiele der Flachdichtung 1.

- 25 Die Figuren 7 und 8 zeigen jeweils ein weiteres Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1. Die Flachdichtungen 1 der Figuren 7 und 8 weisen jeweils zwei Metallagen 3 und 3' auf. Die Erstreckungsebenen der Metallagen 3 und 3' sind im wesentlichen parallel zueinander. Die Metallage 3' weist eine Dichtsicke 6' auf. Die Dichtsicke 6 und die Dichtsicke 6' weisen in entgegengesetzte Richtungen (die
30 Dichtsicke 6 nach oben, die Dichtsicke 6' nach unten). Der Scheitel 6a' der Dichtsicke 6' und der Scheitel 6a der Dichtsicke 6 sind flächig ausgebildet, wobei die Scheitel 6a und 6a' parallel zueinander angeordnet sind.

Bezüglich der Einbringung der Schweißsicken 7 entsprechen die Ausführungsbeispiele der Flachdichtung 1 in den Figuren 7 und 8 denjenigen in den Figuren 3 und 4, das heißt, bei ersterem ist die Schweißsicke 7 in die Metallage 3 eingebracht, während bei
 5 letzterem die Schweißsicke 7 im Metallring 5 vorgesehen ist.

Die Figur 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1. Dieses umfaßt drei Metallagen 3, 3', 3". Die Metallagen 3 und 3" weisen jeweils Dichtsicken 6 und 6" auf, die zueinander weisen. Die Scheitel 6a und 6a" der Dichtsicken 6 und 6" sind wie
 10 bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 7 und 8 flächig ausgebildet und erstrecken sich im wesentlichen parallel zueinander. Die Metallage 3' ist zwischen den Metallagen 3 und 3" angeordnet und erstreckt sich im wesentlichen parallel zu diesen.

Die Figur 10 zeigt ein drei Metallagen 3, 3', 3" umfassendes Ausführungsbeispiel der
 15 Flachdichtung 1. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Schweißsicke 7 in die (in Figur 10 obere) Metallage 3" eingebracht. Sie weist zu der (in Figur 10 mittleren) Metallage 3'. Über die Schweißsicke 7 ist der Metallring 5 mit der Metallage 3" verschweißt. Die Metallage 3' weist eine Kröpfung 8 auf, die sich über eine Kröpfungsflanke 8a von der Metallage 3' erhebt. Die Kröpfung 8 ist derart in der Metallage 3' angeordnet, daß bei
 20 einer von außen auf die Metallage 3" einwirkenden Kraftbeaufschlagung, die mit einer Versetzung des Metallrings 5 in der Höhererstreckungsrichtung h der Schweißsicke 7 einhergeht, die Kröpfung 8 den Metallring 5 aufnehmen kann. In diesem Fall sind der äußere Umfang 5b des Metallrings 5 und die Kröpfungsflanke 8a der Kröpfung 8 einander gegenüberliegend angeordnet.

25

In Figur 11 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Flachdichtung 1 dargestellt, das im wesentlichen mit demjenigen der Figur 10 übereinstimmt, nur ist die Kröpfung 8 des Ausführungsbeispiels der Figur 10 in Figur 11 durch eine Dichtsicke 6' ersetzt. Die Dichtsicke 6' weist in die gleiche Richtung wie die Schweißsicke 7" (in Figur 11 nach
 30 unten). Der Scheitel 6a' der Dichtsicke 6' ist flächig ausgebildet und liegt an der Metallage 3 an.

Die Figur 12 zeigt ein Diagramm, das die Elastizität der Flachdichtung 1 verdeutlicht. Das Diagramm beinhaltet ein kartesisches Koordinatensystem, auf dessen Abszisse die Zusammenpressung (gemessen in Millimetern) und auf dessen Ordinate die Linienpressung (gemessen in Newton pro Millimeter) aufgetragen sind. In das
 5 kartesische Koordinatensystem sind zwei Graphen mit gestrichelten Linien und zwei Graphen mit durchgezogenen Linien eingetragen. Die durch gestrichelte Linien dargestellten Graphen zeigen die Linienpressung in Abhängigkeit von der Zusammenpressung bei elastischen erfindungsgemäßen Metallringen, während die durch durchgezogene Linien dargestellten Graphen dies für starre Metallringe darstellen.

10

Aus dem Diagramm wird deutlich, daß bei steigender Zusammenpressung die Linienpressung bei starren Metallringen später und steiler erfolgt, als dies bei elastischen Metallringen der Fall ist. Hieraus ergibt sich, daß die Rückfederung bei starren Metallringen früher und stärker abfällt.

15

Die Flachdichtung 1 wird durch ein mehrere Schritte umfassendes Verfahren hergestellt. Zunächst wird oder werden in die Metallage 3 eine oder mehrere Schweißsicken 7 und gegebenenfalls eine oder mehrere Dichtsicken 6 eingebracht. Das Einbringen der Schweißsicken 7 und der Dichtsicken 6 erfolgt durch Prägung. Sodann werden in einem
 20 ersten Verfahrensschritt die Metallage 3 und der Metallring 5 im Bereich der Schweißsicke 7 miteinander in Berührungkontakt gebracht. Die Metallage 3 und der Metallring 5 werden anschließend in einem zweiten Verfahrensschritt derart mit jeweils einer Schweißelektrode 9 verbunden (Figuren 13 und 14), daß einerseits ein elektrischer Schweißstrom von der einen Schweißelektrode 9a über den Metallring 5, die
 25 Schweißsicke 7 und die Metallage 3 zu der anderen Schweißelektrode 9b fließen kann und andererseits der Metallring 5 und die Metallage 3 mittels der Schweißelektroden 9a und 9b gegeneinander gepreßt werden können. In einem dritten Verfahrensschritt, dem eigentlichen Buckelschweißen, wird bei niedriger Spannung ein durch Entladung eines Kondensators bereitgestellter elektrischer Schweißstrom hoher Stromstärke von der
 30 einen Schweißelektrode 9a über den Metallring 5, die Schweißsicke 7 und die Metallage 3 zu der anderen Schweißelektrode 9b geleitet, während gleichzeitig die beiden Schweißelektroden 9a und 9b den Metallring 5 und die Metallage 3

gegeneinanderpressen. Durch die Pressung wird die Schweißsicke 7 leicht verflacht. Durch den elektrischen Widerstand im Bereich der Schweißsicke 7 erwärmen sich die Schweißsicke 7 und der Metallring 5 bis auf die Schweißtemperatur. Die Materialien des Metallrings 5 und der Metallage 3 verbinden sich, wodurch die Schweißverbindung
 5 zwischen dem Metallring 5 und der Metallage 3 entsteht.

Die Figuren 13 und 14 machen eine besondere Ausführungsvariante des Buckelschweißverfahrens deutlich, bei dem jeweils ein Zusatzelement 10 zum Einsatz kommt.

10

In der Figur 13 ist das Zusatzelement 10 als Verformungsbegrenzer 10a ausgebildet. Der Verformungsbegrenzer 10a weist die Form eines Torus sowie einen Querschnitt auf, der einem Quadrat mit einseitig abgerundetem Kantenbereich ähnelt. Die Abrundung des Kantenbereichs entspricht dabei der Form der Schweißsicke 7. Der
 15 Verformungsbegrenzer 10a ist innerhalb der Schweißsicke 7 angeordnet, so daß der abgerundete Kantenbereich flächig an der Innenseite der Schweißsicke 7 anliegen kann.

Die beiden Schweißelektroden 9a und 9b werden zur Herstellung der Schweißverbindung derart an die Schweißsicke 7 der Flachdichtung 1 angelegt, daß der
 20 Verformungsbegrenzer 10a durch die Schweißelektrode 9b abgestützt wird. Durch eine Bewegung der Schweißelektroden 9a und/oder 9b entlang der Höhererstreckungsrichtung h der Schweißsicke 7 (die Schweißelektrode 9a nach unten, die Schweißelektrode 9b nach oben) werden der Metallring 5 und die Metallage 3 gegeneinandergepreßt. Diese Bewegung entlang der Höhererstreckungsrichtung h wird
 25 durch den Verformungsbegrenzer 10a begrenzt. Durch geeignete Wahl der Höhe des Verformungsbegrenzers 10a kann so die Verflachung der Schweißsicke 7 während des Buckelschweißvorgangs gesteuert werden.

Die Figur 14 zeigt eine Ausführungsvariante des Verfahrens, bei dem anstatt des
 30 Verformungsbegrenzers 10a der Figur 13 zwei Anschlagelemente 10b vorgesehen sind. Die Anschlagelemente 10b sind jeweils torusförmig ausgebildet und weisen einen rechteckigen Querschnitt auf. Die Anschlagelemente 10b sind zu beiden Seiten der

Schweißsicke 7 angeordnet. Das Gegeneinanderpressen der Metallage 3 und des Metallringes 5 wird wieder durch eine entsprechende Bewegung der Schweißelektroden 9a und 9b bewirkt. Entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Figur 13 begrenzt die Höhe der Anschlagelemente 10b diese Bewegung. So bestimmt die Höhe der Anschlagelemente 10b die Verflachung der Schweißsicke 7.

Flachdichtungen, die nach dem beschriebenen Verfahren hergestellt werden und die geschilderten Merkmale innehaben, weisen über lange Zeit beständige Schweißverbindungen und hohes Dichtvermögen auf.

Patentansprüche

1. Flachdichtung mit mindestens einer wenigstens einen Durchbruch aufweisenden Metallage und mindestens einem um den Durchbruch herum angeordneten und mit
5 der Metallage verschweißten Metallring, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Metallage (3) und der Metallring (5) über eine Schweißsicke (7) miteinander verschweißt sind, die die Metallage (3) und den Metallring (5) in einem Abstand (a) voneinander hält.
- 10 2. Flachdichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (a) in Umfangsrichtung des Metallringes (5) konstant ist.
3. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (a) in Umfangsrichtung des Metallringes (5)
15 variabel ist.
4. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schweißsicke (7) entlang ihrer Höhererstreckungsrichtung (h) plastisch, plastisch/elastisch oder elastisch
20 komprimierbar ist.
5. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Metallage (3) aus Aluminium oder Stahlblech, vorzugsweise Edelstahl, Federstahl oder Kohlenstoffstahl, gefertigt ist.
25
6. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallring (5) aus Kupfer, Bronze, Aluminium oder Stahlblech, vorzugsweise Edelstahl, Federstahl oder Kohlenstoffstahl, gefertigt ist.

7. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schweißsicke (7) kontinuierlich um den Durchbruch (4) herumlaufend ausgebildet ist.
- 5 8. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Metallage (3) mindestens eine Dichtsicke (6) aufweist.
9. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dichtsicke (6) um den Metallring (5) herum angeordnet
10 ist.
10. Flachdichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß um die Dichtsicke (6) herum ein weiterer Metallring (5') angeordnet ist.
- 15 11. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallring (5) um die Dichtsicke (6) herum angeordnet ist.
12. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schweißsicke (7) innerhalb der Dichtsicke (6)
20 angeordnet ist.
13. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei aneinanderliegende Metallagen (3, 3' und 3', 3'') derart
25 angeordnet sind, daß jeweils darin vorhandene Dichtsicken (6, 6', 6'') einander gegenüberliegen.
14. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei aneinanderliegende Metallagen (3, 3' und 3', 3'') derart
30 angeordnet sind, daß jeweils darin vorhandene Dichtsicken (6, 6', 6'') gegeneinander versetzt sind.

15. Flachdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine der beiden an den Metallring (5) anliegenden Metallagen (3) eine Vertiefung oder Kröpfung (8) zur Symmetrierung des Metallrings (5) aufweist.
- 5
16. Verfahren zur Herstellung einer Flachdichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **gekennzeichnet durch** das Einbringen einer Schweißsicke (7) in eine Metallage (3) und/oder einen Metallring (5) und das Herstellen einer Schweißverbindung zwischen der Metallage (3) und dem Metallring (5) durch Buckelschweißen.
- 10
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schweißsicke (7) vor dem Verschweißen einen U-förmigen, V-förmigen, Ω -förmigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweist.
- 15
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Einbringen der Schweißsicke (7) in die Metallage (3) eine Dichtsicke (6) in die Metallage (3) eingebracht wird.
- 20
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der für die Herstellung der Buckelschweißverbindung nötige Schweißstrom durch das Entladen eines Kondensators bereitgestellt wird.
- 25
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Herstellen der Schweißverbindung mindestens ein Verformungsbegrenzer (10a) innerhalb der Schweißsicke (7) angeordnet ist.
- 30
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Herstellen der Schweißverbindung mindestens ein Anschlagelement (10b) außerhalb der Schweißsicke (7) angeordnet ist.

Zusammenfassung

Es wird eine Flachdichtung (1) vorgeschlagen mit mindestens einer wenigstens einen Durchbruch (4) aufweisenden Metallage (3) und mindestens einem um den Durchbruch
5 (4) herum angeordneten und mit der Metallage (3) verschweißten Metallring (5). Die Flachdichtung (1) zeichnet sich dadurch aus, daß die Metallage (3) und der Metallring (5) über eine Schweißsicke (7) miteinander verschweißt sind, die die Metallage (3) und den Metallring (5) in einem Abstand (a) voneinander hält. Die Flachdichtung (1) weist über lange Zeit beständige Schweißverbindungen und damit hohes Dichtvermögen auf.

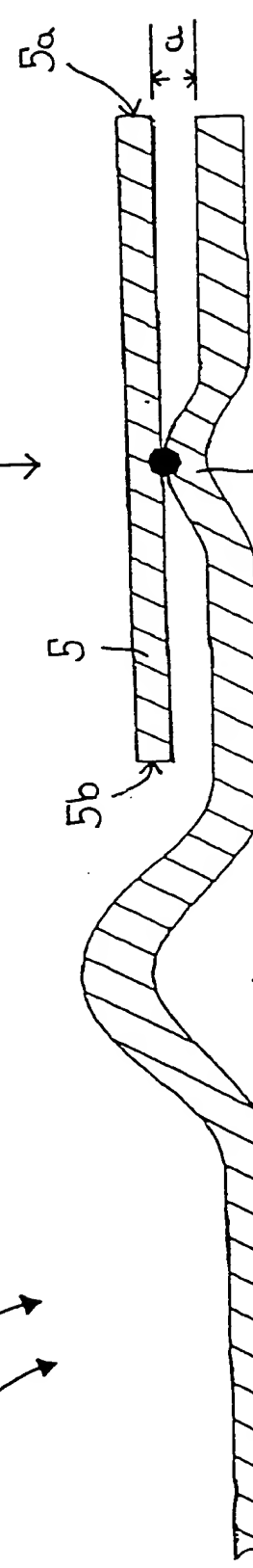
10

(für Titelblatt der Offenlegungsschrift Figur 3)

1 2

3 / 9

h



6

4

3

Fig. 3

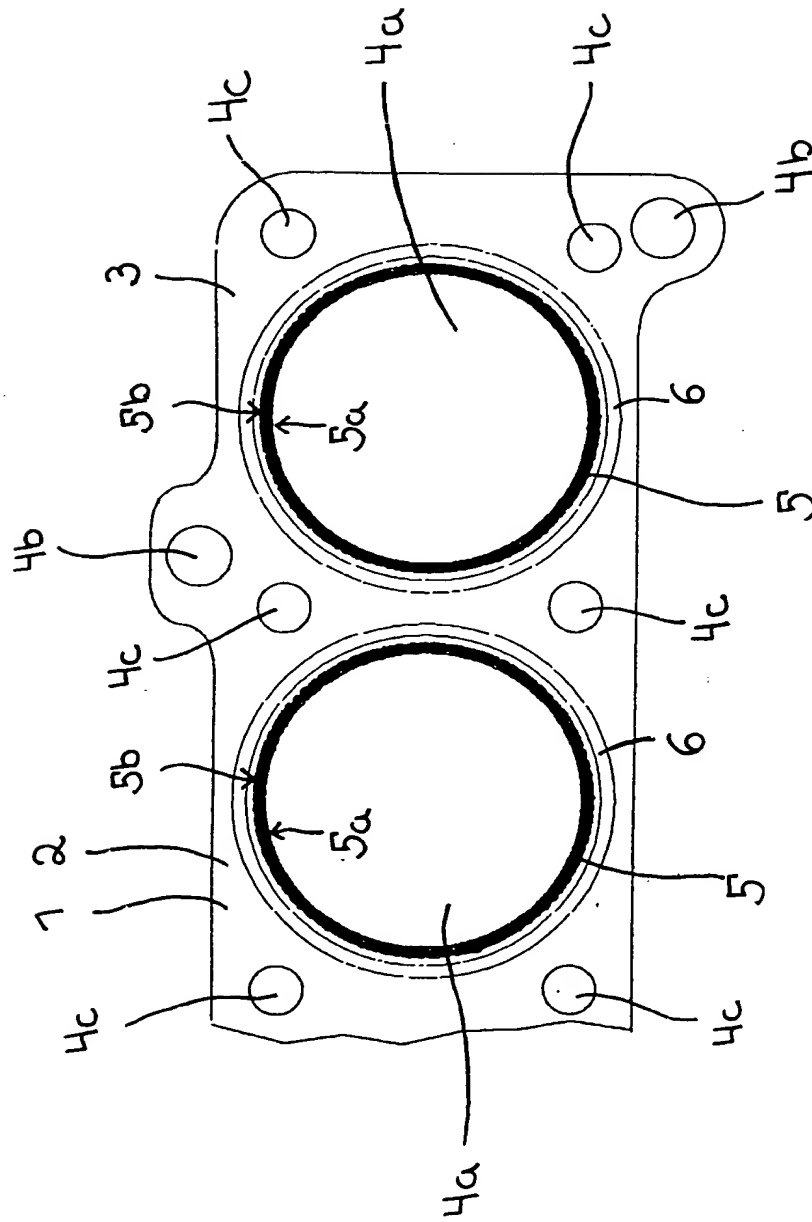


Fig. 1

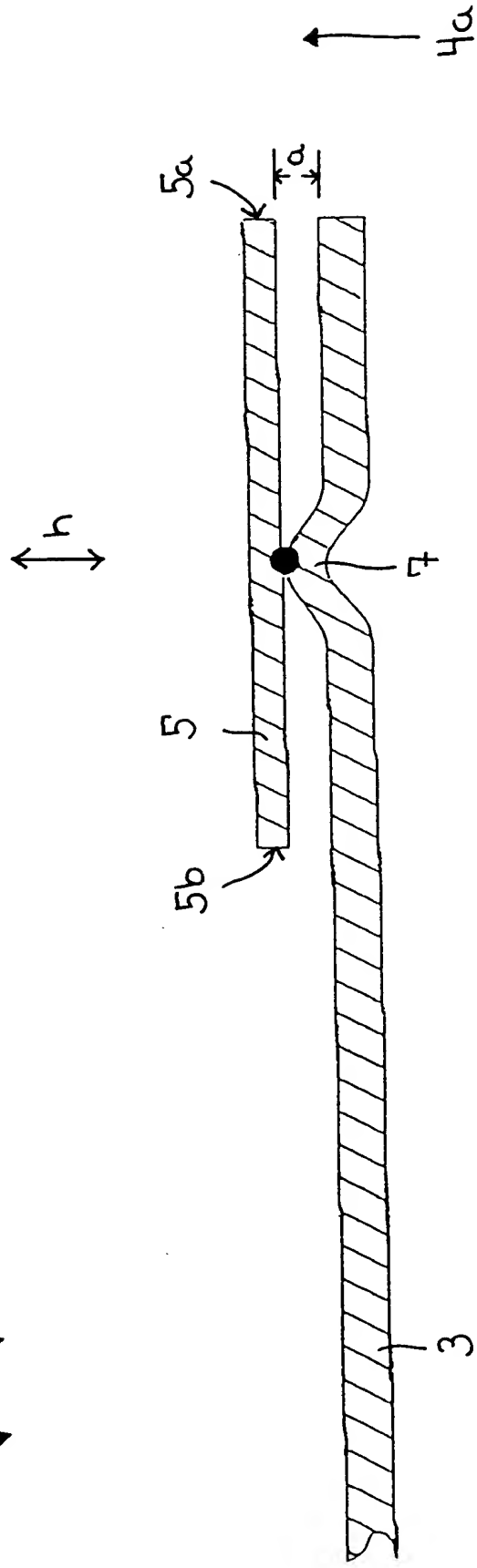


Fig. 2

1 2

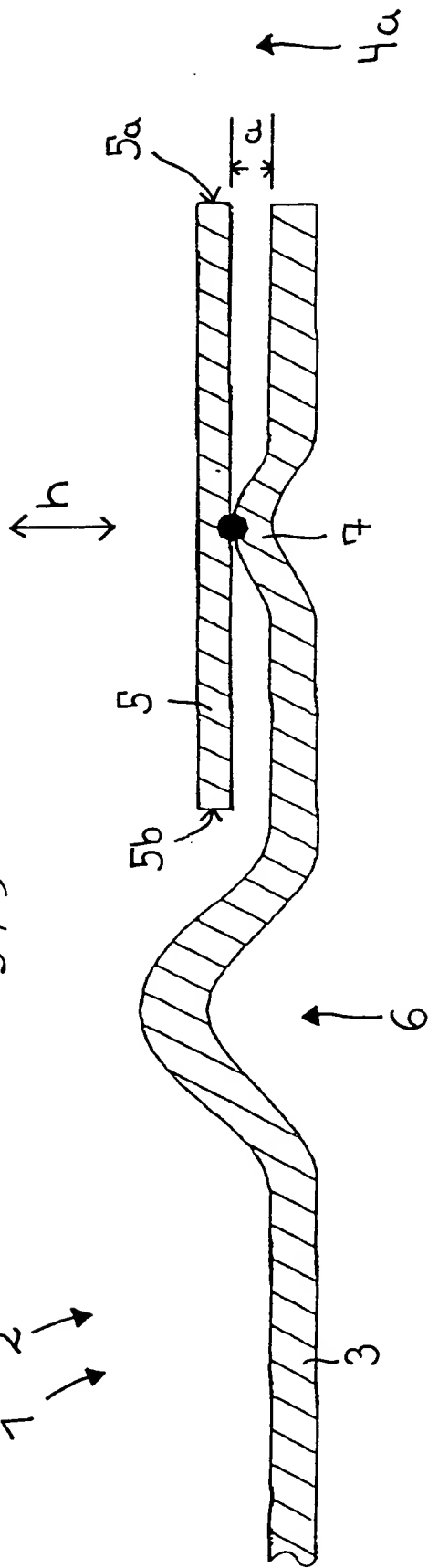


Fig. 3

1 2

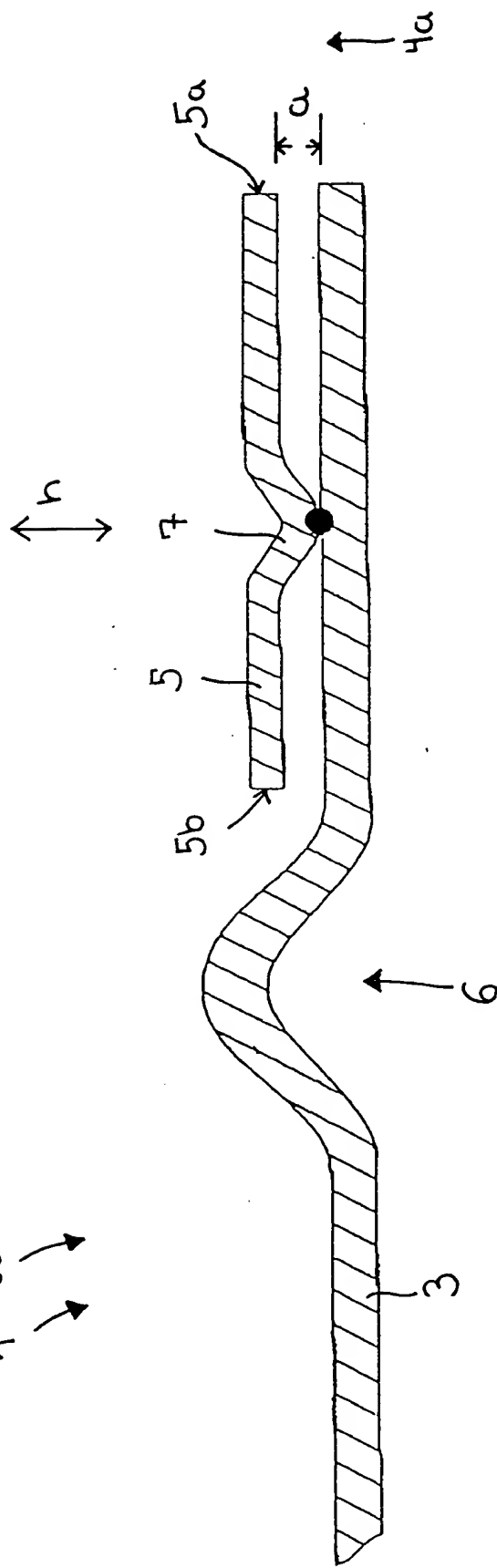


Fig. 4

1 2

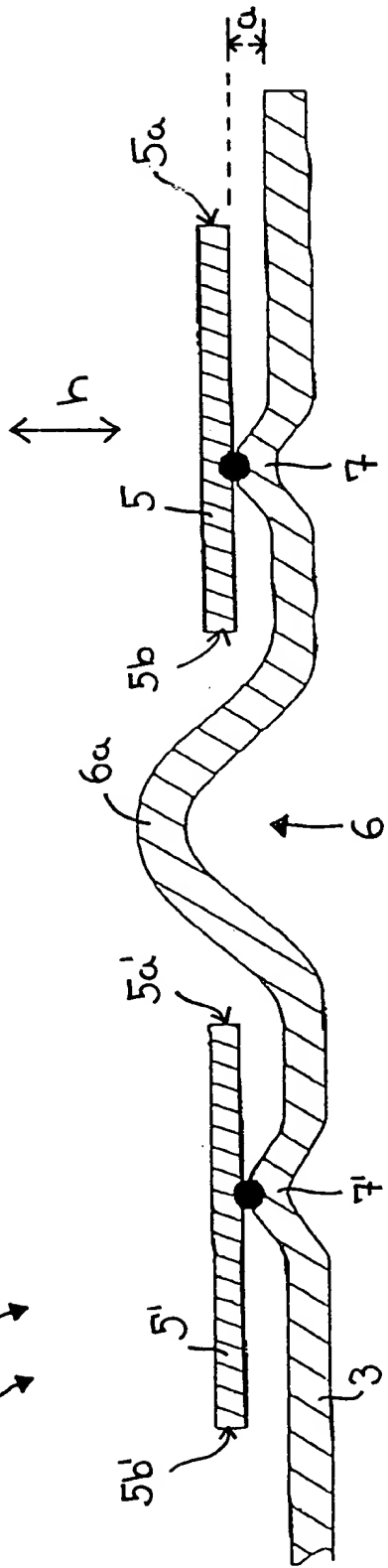


Fig. 5

1 2

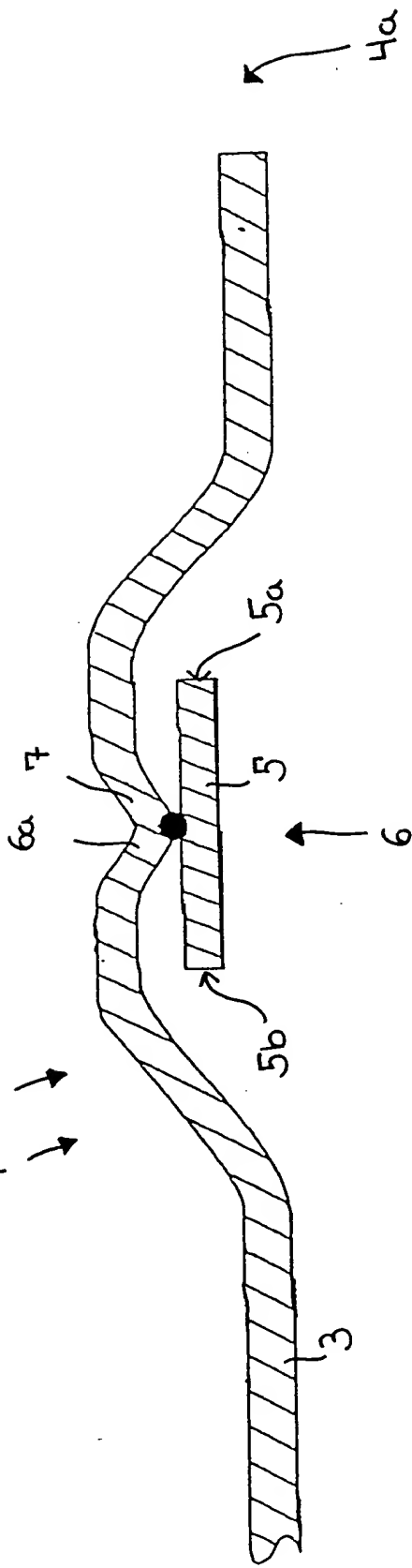


Fig. 6

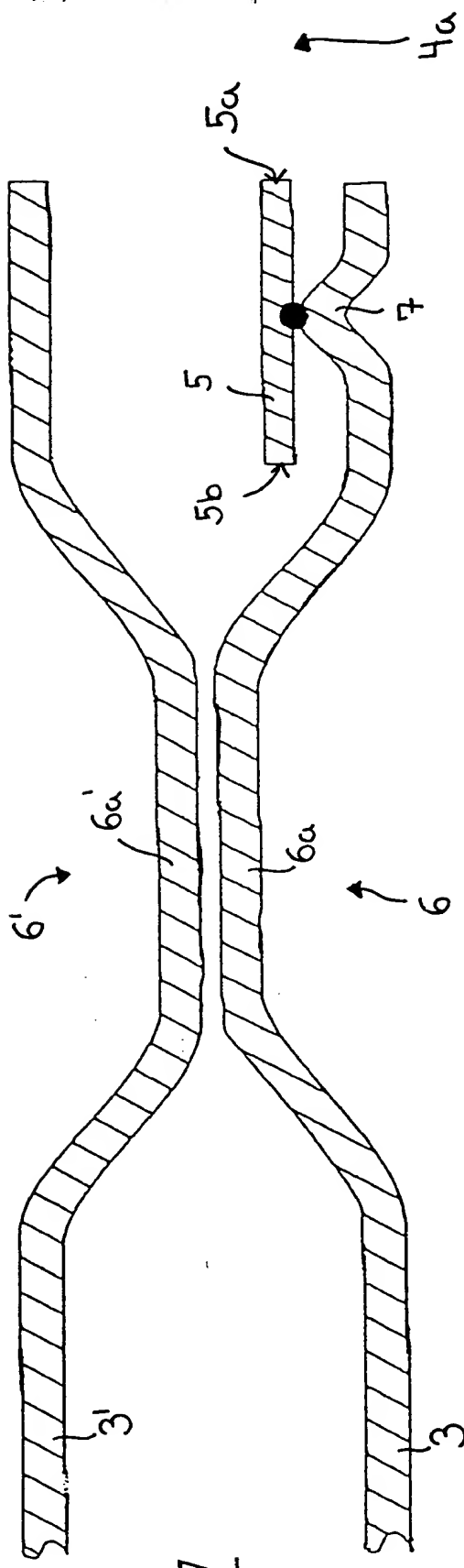


Fig. 7

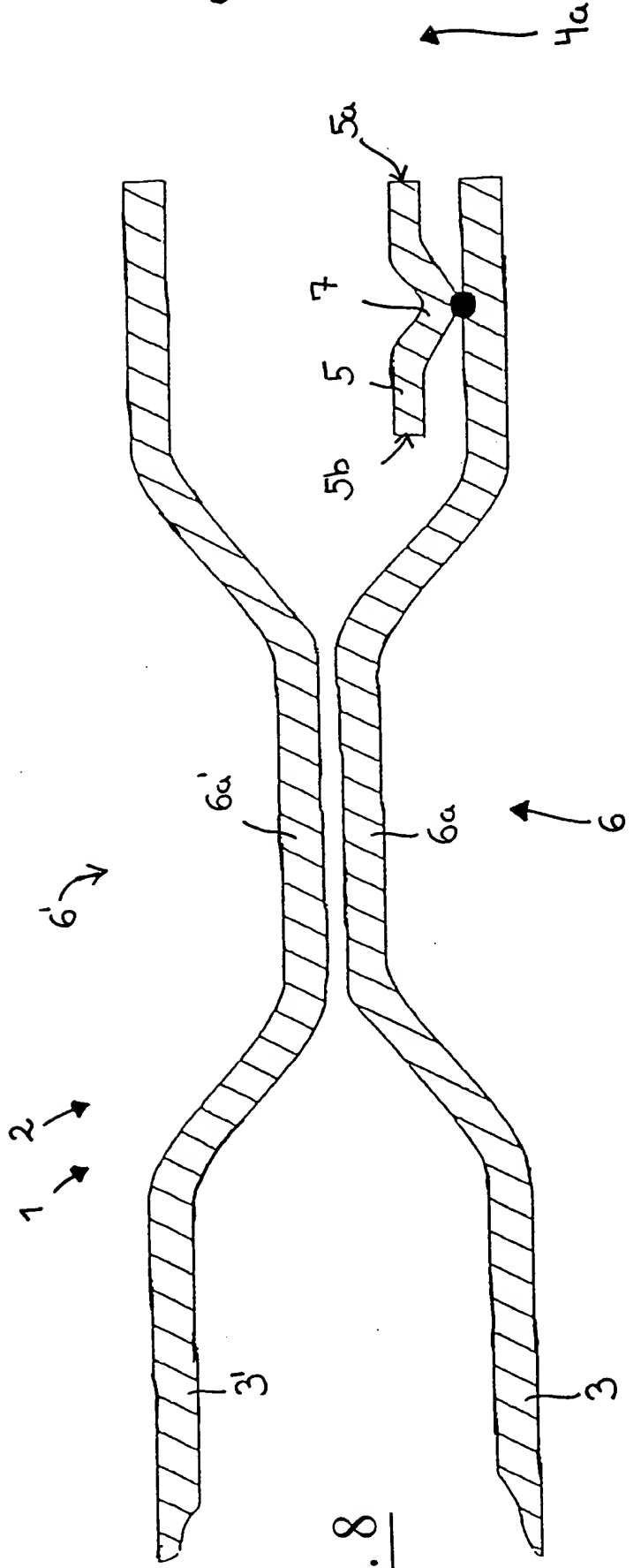


Fig. 8

6/9

1 →
2 →

6" →

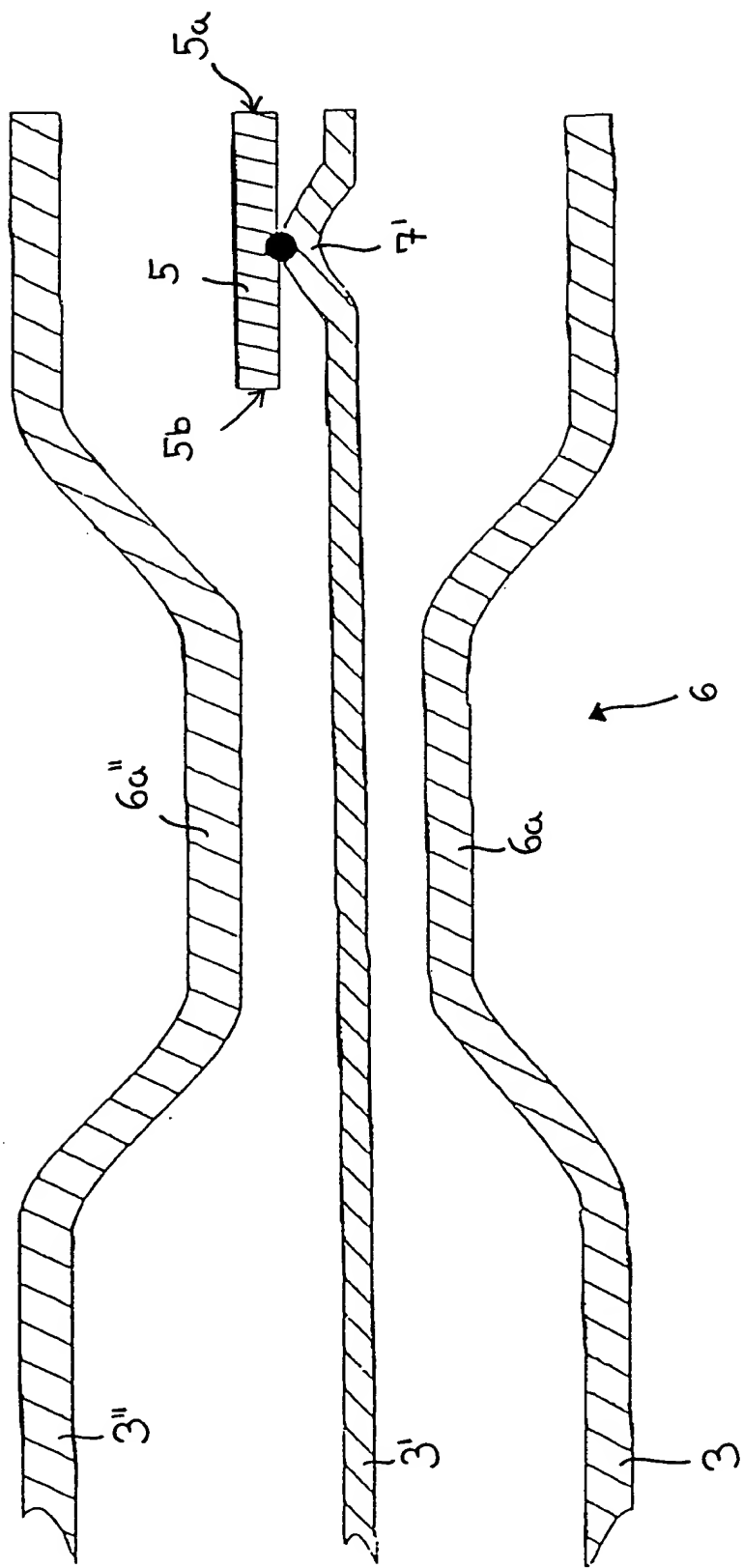
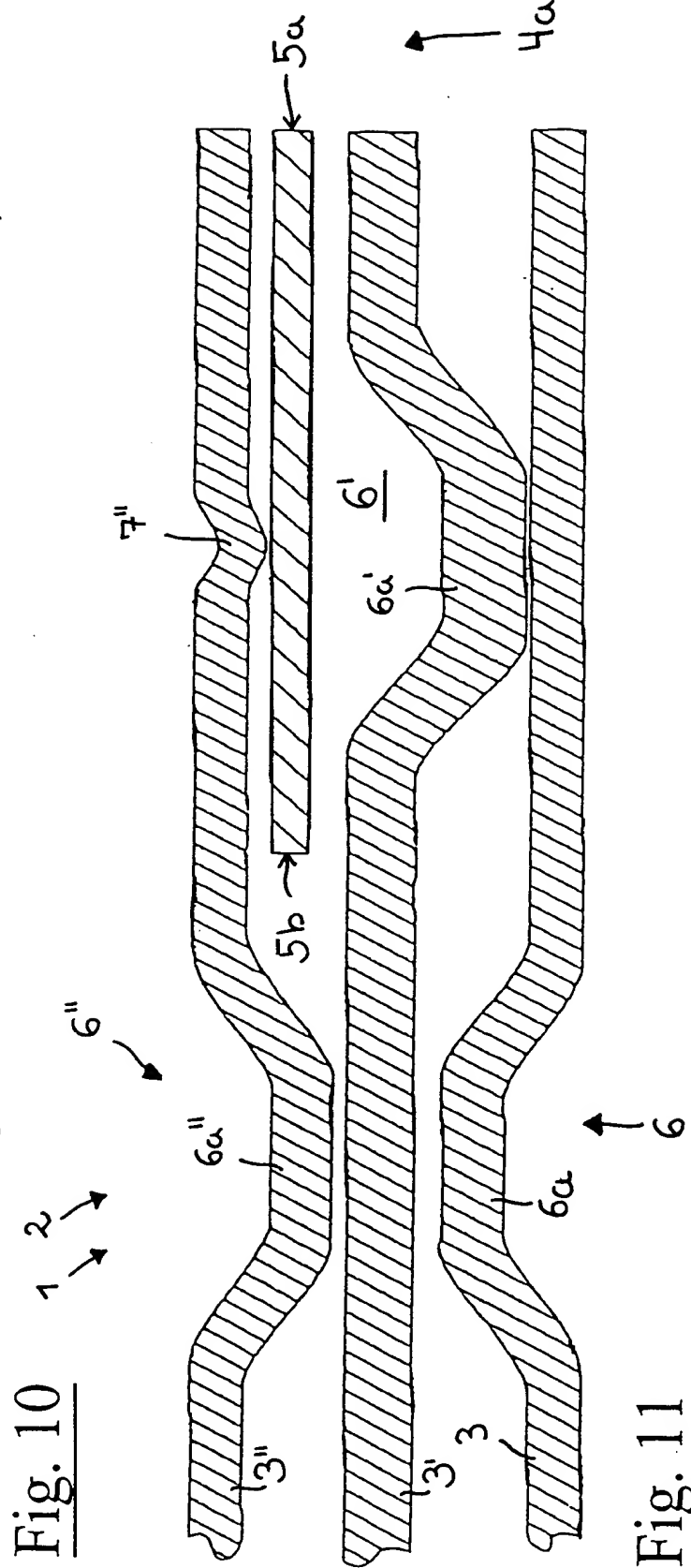
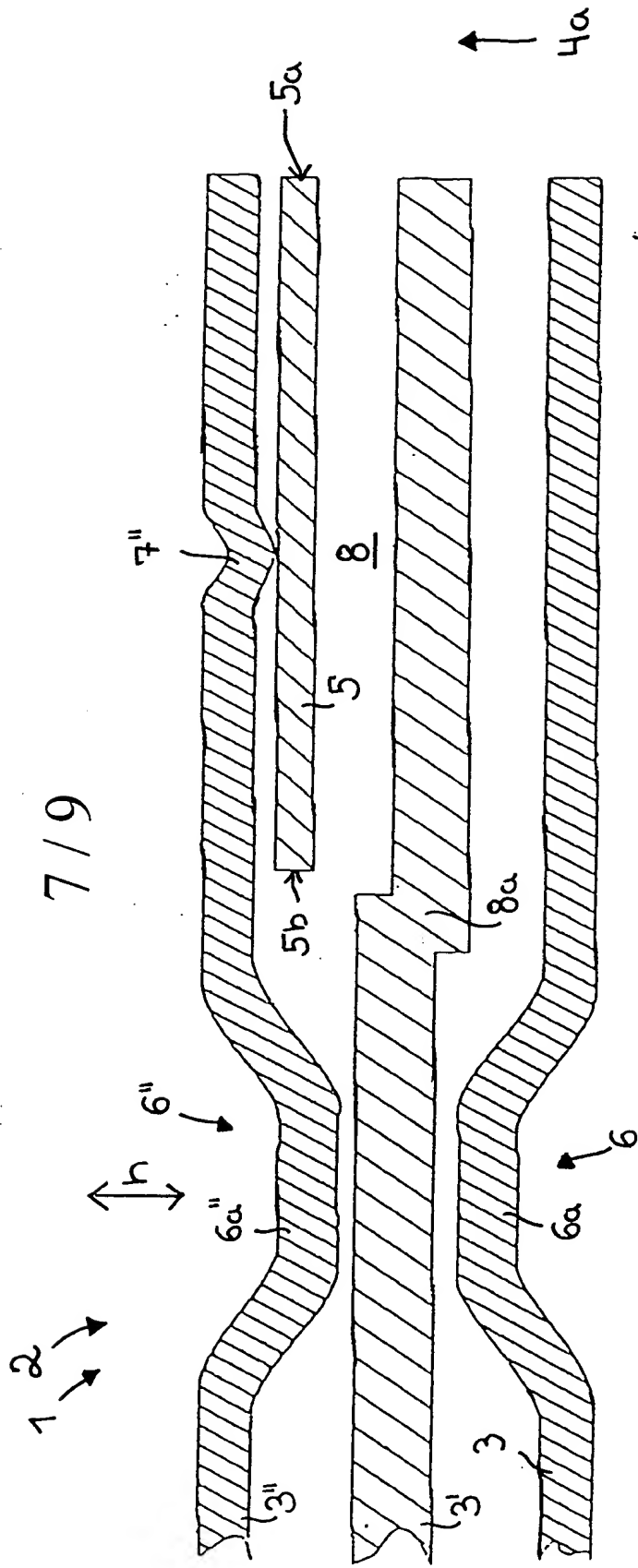
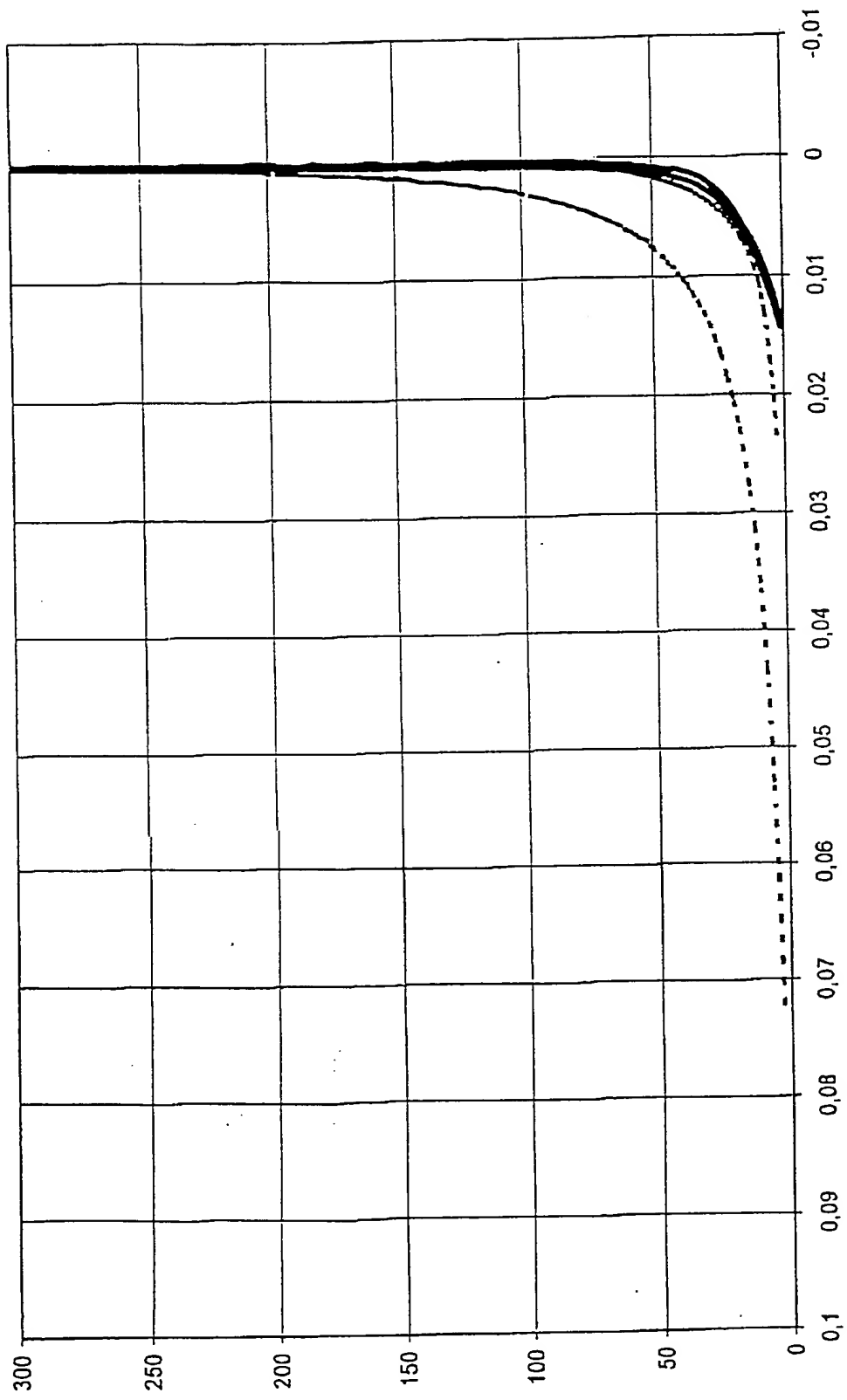


Fig. 9



Fig. 12

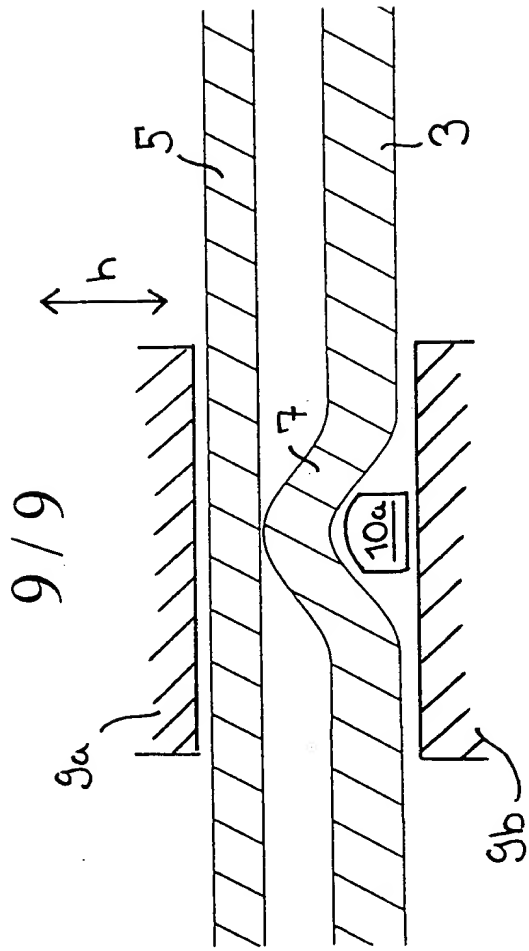


Fig. 13

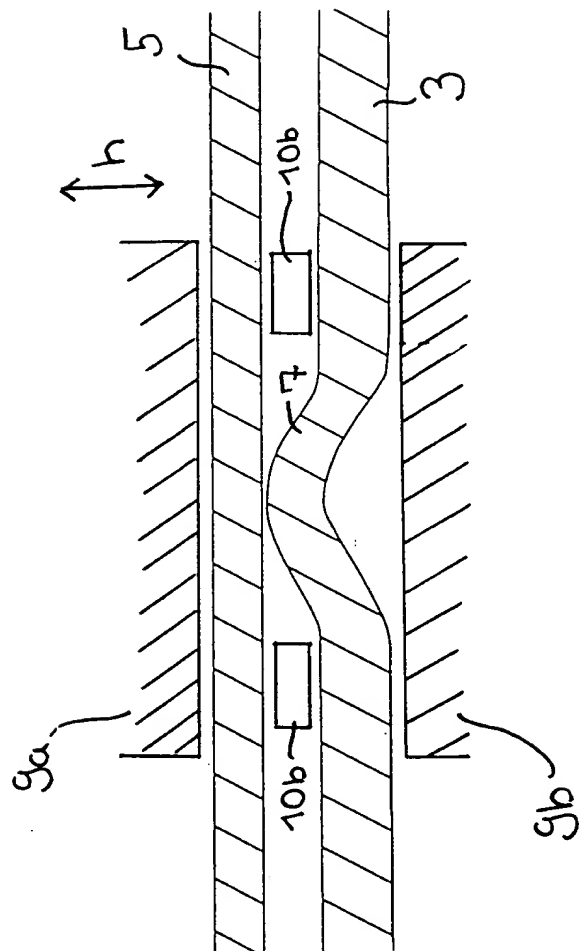


Fig. 14